

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

**(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)**

RAPPORT NO. 2323

Drs. M.A. van der Meer

**INNEMING EN BIOBESCHIKBAARHEID VAN ZINK
UIT GROENTEN EN FRUIT EN DE ZINKVERLIEZEN
TIJDENS BEREIDING EN VERWERKING**

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 510 (ISSN 0169-765X)
Augustus 1986

I N H O U D

	blz.
Summary	3
1. Samenvatting	4
2. Inleiding	5
3. Zinkinneming uit voedingsmiddelen	6
4. Verbruik van groenten en fruit in Nederland	7
5. Zinkgehalten van groenten en fruit	8
6. Zinkinneming uit groenten en fruit	8
7. Biobeschikbaarheid van zink uit groenten en fruit	14
7.1. Invloed van verwerking en diverse behandelingen	14
7.2. Invloed van fytaten	15
7.3. Invloed van andere mineralen	17
7.4. Invloed van diverse bestanddelen	18
8. Zinkverliezen tijdens huishoudelijke bereiding en industriële verwerking	19
8.1. Huishoudelijke bereiding	19
8.1.1. Wassen	19
8.1.2. Koken	19
8.2. Industriële verwerking	21
8.2.1. Wassen	21
8.2.2. Diepvriezen	21
8.2.3. Steriliseren	22
8.2.4. Diverse verwerkingsmethoden	23
9. Mogelijkheden tot beperking van de zinkverliezen tijdens huishoudelijke bereiding en industriële verwerking	23
9.1. Huishoudelijke bereiding	23
9.1.1. Wassen	23
9.1.2. Koken	23
9.2. Industriële verwerking	24
9.2.1. Diepvriezen	24
9.2.2. Steriliseren	25
9.2.3. Diverse verwerkingsmethoden	25
9.3. Andere mogelijkheden	25
10. Literatuur	27

SUMMARY

Intake and bioavailability of zinc from vegetables and fruit and the losses of zinc during preparation and processing By M.A. van der Meer

In 1983 and 1984 the study-panel "Micronutrients and Processing" of the working-group Nutrition within the NVVL inventoried the literature concerning the effect of especially processing on the zinc content of food. Based on that inventory the study-panel calculated the daily intake of zinc by the average Dutch citizen. The contribution from the Sprenger Institute in the field of vegetables and fruit is the basis of this SI report.

The contribution of vegetables, including legumes, and fruit to the intake of zinc in the Netherlands has been calculated to be 0.55 mg per capita per day, corresponding to 4.4% of the total intake of zinc. The processing losses of 20% or 30% were incorporated in this figure.

From the literature it becomes evident that the bioavailability of zinc from vegetables may somewhat increase after processing, and that the bioavailability tends to decrease with increasing amounts of phytates, cellulose, dietary fiber, and crude fiber in the vegetables. Indications have been found that the bioavailability of zinc decreases in the presence of an excess of tin and iron (canned vegetables and fruit) and of calcium.

Comparatively few data were found regarding to the zinc-losses occurring during domestic preparation. The data found generally refer to cooking with much more water than is nowadays usual in the Netherlands. The above mentioned zinc-losses of 20 and 30% are based on an estimation, by which has been taken full account of the data from literature.

The literature generally mentions small losses of zinc during blanching, freezing and canning of vegetables and fruit, but since these losses are related to the dry matter, the actual losses will be larger.

From the literature some data point out possibilities to limit the losses of zinc during domestic preparation by adding salt to the cooking water during normal cooking, or by cooking in a pressure cooker.

Steam blanching before processing probably will be favourable to retention of zinc in comparison with blanching in boiling water, but no data specific for zinc have been found.

Keywords:

Zinc, zinc-intake, zinc content, zinc losses, vegetables, potatoes, spinach, endive, carrots, cabbage, cauliflower, Brussels sprouts, peas, green beans, tomatoes, fruit, apples, pears, citrus, peaches, bioavailability, phytate, crude fiber, dietary fiber, tin, iron, calcium, cadmium, oxalic acid, cooking, blanching, deep freezing, canning, processing.

1. SAMENVATTING

De studiegroep "Microvoedingsstoffen en Processing" van de werkgroep Voeding binnen de NVVL inventariseerde in 1983 en 1984 de literatuur betreffende de invloed van vooral verwerking op het zinkgehalte van voedingsmiddelen, en berekende op grond daarvan de dagelijkse zinkinneming door de gemiddelde Nederlander. De door het Sprenger Instituut geleverde bijdrage voor de voedingsmiddelengroep groenten en fruit vormt de basis van dit nader uitgewerkte SI-rapport.

De bijdrage van groenten, incl. peulvruchten, en fruit aan de zinkinneming in Nederland is met behulp van gegevens over de dagvoorziening en de zinkgehalten van groenten en fruit (Nederlandse cijfers aangevuld voor het fruit met waarden uit buitenlandse tabellen) berekend op 0,55 mg per persoon per dag, overeenkomend met 4,4% van de totale zinkinneming. Hierbij werden bereidings- en verwerkingsverliezen in rekening gebracht van 20 of 30%.

Uit literatuurgegevens blijkt dat de biobeschikbaarheid van zink uit groenten mogelijk iets toeneemt na verwerking en bewaring en dat deze tendeert tot afnemen met toenemende hoeveelheden fytaten, cellulose, voedingsvezel en ruwe celstof in de groenten. Er zijn aanwijzingen gevonden dat de beschikbaarheid van zink vermindert bij aanwezigheid van een overmaat aan tin en ijzer (groenten en fruit in blik) en aan calcium.

Betrekkelijk weinig literatuurgegevens werden gevonden over de zinkverliezen die optreden tijdens het huishoudelijk koken. De gevonden gegevens hadden veelal betrekking op het koken met veel meer water dan tegenwoordig in Nederland gebruikelijk is. De bovenvermelde zinkverliezen van 20 en 30% berusten op een schatting waarbij rekening is gehouden met deze literatuurgegevens.

Over het algemeen worden er in de literatuur kleine zinkverliezen gemeld bij het blancheren, diepvriezen en steriliseren van groenten en fruit, maar deze verliezen zijn veelal betrokken op de droge stof; de werkelijke verliezen zullen groter zijn.

In de literatuur zijn gegevens gevonden die wijzen op mogelijkheden tot beperking van de zinkverliezen tijdens het huishoudelijk koken: het toevoegen van zout aan het kookwater bij gewoon koken en het koken in een hogedrukpan.

Het stoomblancheren vóór het diepvriezen en steriliseren zal waarschijnlijk gunstiger zijn voor de zinkretentie dan het blancheren in kokend water, maar literatuurgegevens voor specifiek zink zijn niet gevonden.

Trefwoorden

Zink, zinkinneming, zinkgehalten, zinkverliezen, groenten, aardappelen, spinazie, andijvie, wortelen, kool, bloemkool, spruitkool, doperwtten, sperziebonen, tomaten, fruit, appels, peren, citrus, perziken, biobeschikbaarheid, fytaat, ruwe celstof, voedingsvezel, tin, ijzer, calcium, cadmium, oxaalzuur, koken, blancheren, diepvriezen, steriliseren.

2. INLEIDING

Tijdens de huishoudelijke bereiding en de verwerking van groenten en fruit treden onvermijdelijk veranderingen in het verwerkte produkt op t.o.v. het verse uitgangsprодукt. Deze veranderingen komen voor de bestanddelen tot uiting in vermindering (soms verhoging) van het gehalte, en in wijzigingen van de beschikbaarheid en daarmee de biologische waarde, zie verder de inleiding, geschreven door Keijbets et al. (1985).

In 1982 maakte Van Dokkum (1982) melding van de oprichting van de Studiegroep "Microvoedingsstoffen en Processing" van de Werkgroep Voeding binnen de Nederlandse Vereniging voor Voedingsleer en Levensmiddelentechnologie, waarbij opgeroepen werd tot deelname. Op 17 november 1982 vond de eerste bijeenkomst plaats van deze studiegroep, die bestond uit de volgende leden:

1. Dr. J. Schrijver, Inst. CIVO-Toxicologie en Voeding TNO, Postbus 360, 3700 AJ Zeist, Voorzitter.
2. Mw. Ir. A. van Beem, Voedingsraad, Postbus 95945, 2509 CX Den Haag.
3. Dr. Ir. T. van Boekel, L.H. Wageningen, sectie Zuivel, Vakgroep Levensmiddelentechnologie, De Dreijen 12, 6703 BC Wageningen.
4. Dr. Ir. M.J.H. Keijbets, IBVL, Bornsesteeg 59, 6708 PD Wageningen.
5. Dr. Ir. T. Kouwenhoven, Vakgroep Humane Voeding, De Dreijen 12, 6703 BC Wageningen.
6. Ir. P.J. Mathot, Hoofdinspectie Levensmiddelen, Postbus 439, 2260 AK Leidschendam.
7. Drs. M.A. van der Meer, Sprenger Instituut, Postbus 17, 6700 AA Wageningen.
8. Dr. Ch.C.J. Olling, Coöp. Condensfabriek Friesland, Postbus 226, 8901 MA Leeuwarden.
9. Mw. Ir. M.C. Reijnga, Pomona 466, 6708 CS Wageningen.
10. Dr. Ir. J.P. Roozen, Vakgroep Levensmiddelentechnologie, De Dreijen 12, 6703 BC Wageningen.
11. Ir. F.M. Warnaar, Akzo Chemie, Stationsstraat 48, 3818 LW Amersfoort.
12. Drs. R. Zagt, Joh. Wagenaarlaan 21, 2102 GA Heemstede.
13. Mw. Dr. J.A. Zwart, Vakgroep Humane Voeding, De Dreijen 12, 6703 BC Wageningen.

Van november 1982 tot en met december 1984 heeft deze groep zich beziggehouden met een inventarisatie van de literatuur met betrekking tot de invloed van in het bijzonder industriële processing op het zinkgehalte van voedingsmiddelen (Schrijver, 1985). Voor de beweegreden om juist zink te bestuderen, zij verwezen naar de publikatie van Keijbets et al. (1985).

In bovengenoemde periode vonden 11 bijeenkomsten plaats, waarbij de werkstukken van de leden van de studiegroep besproken werden. De volgende nota's en overzichten werden opgesteld:

1. Beem, A. van & J. Schrijver (1983):
Zink in het Nederlandse voedingsmiddelenpakket, 11 blz.
2. Boekel, T. van (1984):
Zink in melk en melkprodukten, 5 blz.
3. Keijbets, M.J.H. (1983):
Zink in aardappelen en aardappelprodukten, 5 blz.
4. Keijbets, M.J.H. (1984):
Zink in vlees, vis en eieren, 6 blz.
5. Mathot, P.J. (1983):

Gemiddelde dagvoorziening van de Nederlandse volwassene met verschillende voedingsbestanddelen (1980), 2 blz.

6. Meer, M.A. van der (1984):
Zink in groenten en fruit, 18 blz.
7. Olling, Ch.C.J. (1984):
Zink in moedermelk en babyvoeding, 17 blz.
8. Reijenga, M.C. & F.M. Warnaar (1984):
Zink in graan en graanprodukten, 10 blz.
9. Roozen, J.P. (1984):
Zink in sojaprodukten, 2 blz.

De overzichten, opgesteld door Keijbets, van Boekel, van der Meer en Reijenga & Warnaar, zijn door Keijbets samengevat en gepresenteerd tijdens het NVVL-symposium "Spoorelementen in de Voeding", gehouden op 24 oktober 1984 in het IAC te Wageningen; dit overzicht is in het tijdschrift Voeding gepubliceerd, zie Keijbets et al. (1985). Alle genoemde overzichten, gecombineerd met een inleiding en diverse bijlagen, waaronder de artikelen van Hulshof (1985) en Keijbets et al. (1985), zijn door Schrijver verenigd en als rapport in juli 1986 aangeboden aan de secretaris van de Werkgroep Voeding (NVVL), Dr.Ir. J.M.A. van Raaij (LH, Vakgroep Humane Voeding, Wageningen). Het overzicht van Olling wordt mogelijk afzonderlijk in Voeding gepubliceerd. Het onderhavige Sprenger Instituut rapport is gebaseerd op het onder nr. 6 genoemde overzicht, uitgebreid met een aantal recente literatuurgegevens.

3. ZINKINNEMING UIT VOEDINGSMIDDELEN

Keijbets et al. (1985) vermelden dat de RDA (Recommended Dietary Allowance) in de Verenigde Staten van Amerika 15 mg zink voor de volwassene per dag bedraagt. In tien andere landen worden hoeveelheden van meestal 12 of 15 mg (spreiding 8-16 mg) aanbevolen (Schaafsma, 1985).

Welsh & Marston (1983) berekenden de zinkvoorziening in de U.S.A. over een lange periode; in 1909-1913 bedroeg deze per hoofd per dag 12,4 mg, in 1981 en 1982 12,2 mg; voor 1935-1939 werd de laagste waarde, 10,9 mg, en voor 1976 de hoogste, 12,8 mg, berekend. Er trad over deze 70 jaar wel een grote verschuiving op in de bijdragen uit dierlijke of plantaardige bron: in 1909-1913 6,9 mg dierlijk en 5,5 mg plantaardig en in 1981 resp. 8,6 mg en 3,6 mg. De bijdrage van de groep aardappelen, groenten, peulvruchten, sojaprodukten en noten daalde van 17% in 1909-1913 tot 14% in 1981, maar de bijdrage van alleen groenten steeg van 0,5 naar 0,6 mg zink per dag, terwijl die van fruit gelijk bleef op 0,2 mg.

Voor de Australische voeding van mannen en vrouwen berekende English (1979) een zinkinneming van resp. 19,3 en 12,6 mg per dag. In Europa werden veelal lagere innemingen gevonden. Spring et al. (1979) berekenden voor Engeland een inneming van 9,1 mg zink per dag. Slorach et al. (1983) analyseerden 7 Zweedse dagmenu's en vonden gemiddeld 8,6 mg met een spreiding van 6,2 tot 10,7 mg.

Murányi-Szelezsky (1983) in Hongarije analyseerde diverse voedingmiddelen en berekende daarmee de inneming van arbeiders en employés, en vond resp. 11,0 en 11,3 mg. Een bijzonder hoge inneming van 20 mg voor de gemiddelde Deen berekende Andersen (1981) na analyse van diverse Deense voedingsmiddelen.

Bovengenoemde verschillen in de dagelijkse zinkinneming kunnen voor een deel

toegeschreven worden aan de methode van de bepaling van deze inneming. Brown et al. (1976) vonden bijv. bij vegetarische diëten een 35% hogere zinkinneming na berekening m.b.v. zinkgehalten uit tabellen in vergelijking met de directe analyse van het gehele dieet.

Voor de Nederlander berekenden Keijbets et al. (1985) uit de gemiddelde dagvoorziening m.b.v. meest Nederlandse analysecijfers een gemiddelde zinkinneming van 12,4 mg. In deze hoeveelheid is de in tabel 4 berekende hoeveelheid van 0,55 mg zink, afkomstig van groenten, peulvruchten en fruit, opgenomen.

4. VERBRUIK VAN GROENTEN EN FRUIT IN NEDERLAND

In tabel 1 zijn de gemiddelde geconsumeerde hoeveelheden (eetbare deel) van diverse onderdelen uit de groep "Groenten en Fruit" weergegeven op basis van diverse gebruiks- resp. consumptiegegevens (H.I.L., 1983). Het onderdeel fruit is nog gesplitst in 60% inheems en 40% (sub)tropisch fruit, waarbij van het inheemse fruit 65% uit appels (39% van totaal fruit) en 15% uit peren (9% van totaal) bestaat; in het subtropische fruit hebben de citrusvruchten het grootste aandeel met 62,5% (25% van totaal), terwijl bananen en andere tropische fruitsoorten resp. 8 en 7% van het totale fruit uitmaken (Staarink, 1984).

Tabel 1. Gemiddeld verbruik per persoon per dag (dagvoorziening) van groenten en fruit in gram, ontleend aan H.I.L. (1983) en Staarink (1984)

produkt	onderdeel	dagvoorziening in g (1980)	
		totaal produkt	onderdeel
groenten en peulvruchten		156	
	vruchtgroenten		42
	wortel- en knolgroenten		28
	bladgroenten		28
	koolgroenten		26
	verse peulvruchten		21
	stengelgroenten		6
	gedroogde peulvruchten		3,5
	champignons		1
fruit		154	
	appels 39%		60
	citrusvruchten 25%		39
	klein fruit, steenvruchten 12%		18
	peren 9%		14
	bananen 8%		12
	exoten 7%		11

5. ZINKGEHALTEN VAN GROENTEN EN FRUIT

In tabel 2 zijn voor de groenten en peulvruchten de zinkgehalten in mg per kg produkt bijeengebracht, afkomstig van de Hoofdinspectie Levensmiddelen (Staarink & Hakkenbrak, 1982), van de Duitse voedingsmiddelentabel (Souci et al., 1981), van de Engelse voedingsmiddelentabel (Paul & Southgate, 1978), en van diverse literatuurbronnen, namelijk Thomas (1983), Schlettwein-Gsell & Mommsen-Straub (1970), Schroeder et al. (1967), Freeland & Cousins (1976), Boyer & Johnson (1982), Haeflein & Rasmussen (1977), en Murphy et al. (1975). In tabel 3 zijn de gegevens voor fruit verzameld. Omdat de Engelse tabel de zinkgehalten slechts tot op 0,1 mg per 100 g nauwkeurig vermeldt, zijn deze gehalten voor de vruchten (laag zinkgehalte) wel erg éénvormig uitgevallen, namelijk meestal 1 of 2 mg per kg (0,1 of 0,2 mg per 100 g).

Voor diverse groente- en fruitsoorten in blik vermelden Schroeder et al. (1967) bijzonder lage gemiddelde gehalten, soms zelfs lager dan 0,1 mg per kg; deze waarden zijn in de tabellen 2 en 3 niet opgenomen, maar vervangen door de goed omschreven waarden (aantal geanalyseerde monsters, hoogste en laagste waarde, en gemiddelde) gegeven door Boyer & Johnson (1982). Voor veel geconsumeerde groenten als spinazie, doperwten, sperziebonen, wortelen etc. geven bijna alle bovengenoemde literatuurbronnen waarden van de zinkgehalten; deze waarden zijn niet allemaal in de tabellen 2 en 3 opgenomen. Ook Freeland-Graves et al. (1980b), Lawler & Klevay (1984), Murányi-Szeleczky (1983) en Wolnik et al. (1985) geven nog zinkgehalten van dergelijke groenten.

6. ZINKINNEMING UIT GROENTEN EN FRUIT

In tabel 4 is de berekende zinkinneming uit groenten en fruit per persoon per dag gegeven op grond van de dagvoorziening uit tabel 1 en de zinkgehalten uit tabellen 2 en 3. Hierbij is aangenomen dat bij de huishoudelijke bereiding van de wortel- en knolgroenten een zinkverlies optreedt van 20% en bij de bereiding van bladgroenten, koolgroenten, stengelgroenten en peulvruchten een verlies van 30%, zie 8.1.2. Vruchtgroenten (tomaat, komkommer) en alle vruchten worden veelal ongekookt geconsumeerd, zodat voor deze onderdelen geen verlies is berekend.

Tabel 2. Zinkgehalte van groenten in mg per kg

Groente	Nederlandse gegevens ¹⁾		Duitse voedings- middelentabel ²⁾		Engelse voedings- middelentabel ³⁾	Andere literatuurbronnen	
	gem.	spreiding	gem.	spreiding	gem.	gem.	spreiding
Bladgroenten							
witlof	2,0	1,1- 4,0	1,9	-	2,0	1,9 ⁵⁾	-
raapstelen	-	-	-	-	4,0	-	-
sla	5,0	1,9-11,0	2,2	1,6- 3,5	2,0	3,4	1,4 - 8,3 ⁴⁾
veldsla	-	-	5,4	-	-	4,3	2,2 - 7,3 ⁴⁾
andijvie	6,0	1,5-27,0	3,4	-	-	3,8	1,0 - 7,9 ⁴⁾
spinazie	8,0	4,8-16,0	5,0	2,0- 8,0	4,0	6,4	4,4 - 9,3 ⁴⁾
postelein	-8,0	3,8-11,0	-	-	-	-	-
Bladgroenten gemiddeld	5,8	1,1-27,0	3,6	1,6- 8,0	3,0	4,0	1,0 - 9,3
Koolgroenten							
savooie kool	-	-	3,0	-	3,0	2,6	1,3 - 3,7 ⁴⁾
rode kool	1,2	0,7- 2,0	5,9	2,8- 9,0	4,0	2,4	1,3 - 3,6 ⁴⁾
zuurkool	1,2	0,7- 2,0	-	-	-	-	-
idem in blik	-	-	-	-	-	8,1 ⁷⁾	-
Chinese kool	-	-	-	-	-	3,1	2,1 - 3,7 ⁴⁾
bloemkool	4,0	2,4- 6,5	2,3	-	3,0	2,6	1,9 - 3,2 ⁴⁾
spruitkool	4,0	2,9- 5,4	8,7	-	5,0	3,6 ⁷⁾	-
boerenkool	6,0	3,3-36,0	-	-	-	3,3	3,1 - 3,5 ⁴⁾
broccoli	-	-	-	-	6,0	-	1,5 ⁷⁾ - 2,7 ⁵⁾
witte kool	-	-	8,0	1,6-15,0	3,0	2,3	1,4 - 3,7 ⁴⁾
Koolgroenten gemiddeld	3,3	0,7-36,0	5,6	1,6-15,0	4,0	3,3	1,3 - 8,1
Kruidgroenten							
sterkers	-	-	-	-	-	-	1,5 - 8,3 ⁵⁾
bladselderij	12,0	6,0-18,0	-	-	1,0	-	-
peterselie	-	-	9,0	-	9,0	6,1	2,3 - 9,9 ⁴⁾
knoflook	-	-	10,0	-	-	-	6,0 ⁶⁾ - 12,6 ⁷⁾
Paddestoelen							
champignons	3,0	1,5- 4,0	3,9	2,8- 5,0	1,0	-	0,9 - 5,0 ⁵⁾
cantharellen	-	-	-	2,0- 8,0	-	-	-
Peulvruchtgroenten							
snijbonen	4,0	1,9- 5,5	-	-	-	-	-
sperziebonen	6,0	3,8-10,0	1,8	1,2- 3,1	4,0	3,7	2,4 - 5,1 ⁴⁾
idem in blik	2,5	1,8- 3,8	-	-	-	2,5	1,0 - 11,9 ⁸⁾
doperwt	-	-	26,5	10,8-35,0	7,0	5,8	1,1 - 8,3 ⁴⁾
idem in blik	-	-	6,5	6,0- 6,8	7,0	7,1	4,2 - 24,6 ⁸⁾
Peulvruchtgroenten gemiddeld	4,1	1,8-10,0	11,6	1,2-35,0	5,5	4,8	1,1 - 24,6
Stengelgroenten							
rabarber	-	-	-	-	1,5	1,3	1,0 - 1,7 ⁴⁾
prei	2,6	1,8- 5,2	3,1	-	1,0	3,1	1,8 - 5,0 ⁴⁾
asperge	-	-	5,0	2,0- 8,0	-	4,1	3,5 - 5,0 ⁴⁾
idem in blik	-	-	-	-	-	4,2	2,7 - 6,8 ⁸⁾
Stengelgroenten gemiddeld	2,6	1,8- 5,2	4,0	2,0- 8,0	1,3	2,9	1,0 - 6,0

Tabel 2 (vervolg). Zinkgehalte van fruit in mg per kg

Groente	Nederlandse gegevens ¹⁾		Duitse voedings- middelentabel ²⁾		Engelse voedings- middelentabel ³⁾	Andere literatuurbronnen	
	gem.	spreiding	gem.	spreiding	gem.	gem.	spreiding
Vruchtgroenten							
artisjok	-	-	-	-	-	-	0,66) - 3,57)
komkommer	-	-	1,6	-	1,0	2,1	1,0 - 3,84)
paprika	-	-	-	-	-	1,8	1,1 - 2,54)
tomaat	1,4	1,0- 2,5	2,4	-	2,0	1,6	1,0 - 3,34)
idem in blik	-	-	-	-	3,0	1,4	0,8 - 3,18)
aubergine	2,0	1,4- 2,3	2,8	-	-	1,75)	-
pompoen	-	-	2,0	-	2,0	2,05)	-
suikermals	-	-	-	-	12,0	-	-
idem in blik	-	-	-	-	6,0	-	-
Vruchtgroenten gemiddeld	1,7	1,0- 2,5	2,2	1,6- 2,8	1,8*	1,9	0,6 - 3,8
Wortel- en knol- groenten							
koolraap	-	-	0,8	-	-	-	0,8 - 4,05)
aardpeer	-	-	-	-	1,0	2,85)	-
pastinaak	-	-	-	-	1,0	0,85)	-
uien	1,7	1,1- 2,5	14,0	-	1,0	2,4	1,4 - 3,94)
radijs	2,0	1,0- 5,1	1,6	-	1,0	2,1	1,4 - 3,64)
rettich	-	-	2,0	-	-	2,7	0,5 - 4,94)
schorseneren	-	-	2,2	-	-	-	-
wortelen	2,2	1,2- 7,0	3,9	1,8- 5,0	4,0	2,8	1,0 - 4,54)
idem in blik	1,4	0,3- 3,4	-	2,0- 8,0	3,0	3,05)	-
koolrabi	-	-	-	-	-	2,6	1,2 - 4,84)
knolselderij	-	-	3,1	-	-	4,7	1,8 - 7,84)
rode biet	-	-	5,9	2,8- 9,0	4,0	4,3	2,0 - 5,44)
idem in blik	-	-	-	-	-	3,5	1,1 - 7,28)
Wortel- en knol- groenten gemiddeld	1,8	0,3- 7,0	4,2	0,8-14,0	1,9	2,5	0,5 - 7,8
Droge peulvruchten							
bruine bonen	7,5	6,0- 9,0	-	-	28,0	-	-
kapucijners	12,0	8,0-15,0	-	-	-	-	-
kekera	-	-	12,4	-	-	-	-
witte bonen	-	-	28,0	-	28,0	-	28,00)-52,05)
linzen	-	-	-	20,0-90,0	31,0	-	20,0 - 90,05)
splitwten	-	-	-	-	40,0	-	35,0 - 42,05)
Droge peulvruchten gemiddeld	9,8	6,0-15,0	31,8	12,4-90,0	31,8	44,5	20,0 - 90,0

1) Staarink & Hakkenbrak (1982)

2) Souci et al. (1981)

3) Paul and Southgate (1978)

4) Thomas (1983)

5) Schlettwein-Gsell & Mommsen-Straub (1970)

6) Schroeder et al. (1967)

7) Freeland & Cousins (1976)

8) Boyer & Johnson (1982)

9) Haeflein & Rasmussen (1977)

0) Murphy et al. (1975)

* excl. suikermals

Tabel 3. Zinkgehalte van fruit in mg per kg

Fruit	Nederlandse gegevens ¹⁾		Duitse voedings- middelentabel ²⁾		Engelse voedings- middelentabel ³⁾	Andere literatuurbronnen	
	gem.	spreiding	gem.	spreiding	gem.	gem.	spreiding
Besvruchten							
druiven	-	-	0,8	0,4- 1,1	1,0	-	0,3 - 1,0 ⁵⁾
bosbessen	-	-	1,0	-	1,0	-	-
idem in blik	-	-	-	-	-	-	0,8 - 1,2 ⁵⁾
kruisbessen	-	-	1,0	-	1,0	0,9 ⁵⁾	-
zwarte bessen	-	-	1,8	1,5- 2,0	-	-	-
rode bessen	-	-	2,0	-	-	-	-
bananen	-	-	2,2	1,5- 2,8	2,0	2,0 ⁰⁾	1,5 - 2,8 ⁵⁾
Besvruchten gemiddeld	-	-	1,5	0,4- 2,8	1,2	1,2	0,3 - 2,8
Citrusvruchten							
mandarijn	-	-	0,8	-	1,0	0,8 ⁵⁾	-
idem in blik	-	-	-	-	4,0	-	-
sinaasappel	-	-	1,0	0,8- 1,7	2,0	2,0 ⁰⁾	0,2 - 1,7 ⁵⁾
citroen	-	-	1,0	0,3- 2,0	1,0	1,7 ⁵⁾	-
grapefruit	-	-	1,7	1,0- 2,0	1,0	-	0,59 ⁹⁾ - 1,0 ⁵⁾
idem in blik	-	-	-	-	4,0	0,4 ⁵⁾	-
Citrusvruchten gemiddeld	-	-	1,1	0,3- 2,0	2,2	1,1	0,2 - 2,0
Komkommervruchten							
watarmeloen	-	-	1,0	-	1,0	0,9 ⁵⁾	-
meloen	-	-	-	-	1,0	-	0,9 - 2,4 ⁵⁾
Pitvruchten							
appel	0,4	0,2- 1,5	1,2	0,4- 2,2	1,0	0,6	0,4 - 1,5 ⁴⁾
peer	1,5	1,0- 2,0	2,3	1,6- 3,2	1,0	2,0	1,3 - 3,3 ⁴⁾
idem in blik	-	-	-	-	-	1,5	0,4 - 5,5 ⁸⁾
Pitvruchten gemiddeld	1,0	0,2- 2,0	1,7	0,4- 3,2	1,0	1,2	0,4 - 5,5
Schijnvruchten							
aardbeien	-	-	1,2	0,9- 1,4	1,0	-	0,87 ⁷⁾ - 0,9 ⁵⁾
idem in blik	-	-	-	-	2,0	-	-
ananas	-	-	2,6	-	1,0	2,5 ⁵⁾	-
idem in blik	0,8	0,4- 3,7	-	-	-	-	0,85 ⁵⁾ - 1,5 ⁹⁾
Schijnvruchten gemiddeld	0,8	0,4- 3,7	1,8	0,9- 2,6	1,2	1,2	0,8 - 2,5
Steenvruchten							
perziken	-	-	0,2	-	1,0	-	0,25 ⁵⁾ - 2,0 ⁰⁾
idem in blik	-	-	-	-	-	-	0,55 ⁵⁾ - 1,0 ⁰⁾
pruimen	-	-	0,7	1,3- 1,0	1,0	-	0,3 - 1,0 ⁵⁾
abrikozen	-	-	0,7	0,4- 1,0	1,0	1,0 ⁵⁾	-
idem in blik	-	-	-	-	1,0	0,7	0,1 - 1,5 ⁸⁾
kersen	-	-	1,5	-	1,0	1,5 ⁵⁾	-
idem in blik	-	-	-	-	-	0,6	0,4 - 0,8 ⁸⁾
Steenvruchten gemiddeld	-	-	0,8	0,2- 1,5	1,0	0,9	0,1 - 2,0

Tabel 3 (vervolg). Zinkgehalte van fruit in mg per kg

Fruit	Nederlandse gegevens ¹⁾		Duitse voedings- middelentabel ²⁾		Engelse voedings- middelentabel ³⁾	Andere literatuurbronnen	
	gem.	spreiding	gem.	spreiding	gem.	gem.	spreiding
Diverse exo- tische vruchten	-	-	1,2	-	-	-	-
papaya	-	-	-	-	3,0	-	-
idem in blik	-	-	-	-	2,0	-	-
litchi in blik	-	-	-	-	-	-	-
vijgen, vers	-	-	2,5	1,0- 4,0	-	2,5 ⁵⁾	-
mango	-	-	-	-	-	4,7 ⁷⁾	-
idem in blik	-	-	-	-	3,0	-	-
guave in blik	-	-	-	-	4,0	-	-
avocado	-	-	-	-	-	4,3 ⁷⁾	-
Exotische vruchten gemiddeld	-	-	1,8	1,0- 4,0	3,0	3,8	-
Gedroogde vruchten	-	-	-	-	-	1,0 ⁵⁾	-
perziken	-	-	-	-	-	-	-
rozijnen	-	-	-	-	1,0	-	-
abrikozen	-	-	-	-	-	2,2 ⁵⁾	-
dadels	-	-	3,4	-	3,0	3,0 ⁵⁾	-
appels	-	-	-	-	-	4,8 ⁵⁾	-
bananen	-	-	-	-	-	6,9 ⁵⁾	-
peren	-	-	-	-	-	7,0 ⁵⁾	-
vijgen	-	-	-	-	9,0	8,6 ⁵⁾	-
Gedroogde vruchten gemiddeld	-	-	-	-	4,3	4,8	-

1) Staarink & Hakkenbrak (1982)

2) Paul and Southgate (1978)

3) Souci et al. (1981)

4) Thomas (1983)

5) Schlottwein-Osell & Mommsen-Straub (1970)

6) Schroeder et al. (1967)

7) Freeland & Cousins (1976)

8) Boyer & Johnson (1982)

9) Haeflein & Kasmussen (1977)

0) Murphy et al. (1975)

Tabel 4. Zinkinneming uit groente en fruit

Produkt	onderdeel	Zinkinneming in mg per persoon per dag			
		Neder- landse gegevens 1)	Duitse voedings- middelen- tabel ²⁾	Engelse voedings- middelen- tabel ³⁾	Diverse literatuur bronnen 4)
Groenten en peulvruchten	vruchtgroenten	0,07	0,09	0,08	0,08
	wortel- en knolgroenten	0,04	0,09	0,04	0,06
	bladgroenten	0,11	0,07	0,06	0,08
	koolgroenten	0,06	0,10	0,07	0,06
	verse peulvruchten	0,06	0,17	0,08	0,07
	stengelgroenten	0,01	0,02	0,01	0,01
	gedroogde peulvruchten	0,02	0,08	0,08	0,11
	champignons	0,00	0,00	0,00	0,00
Groenten totaal		0,29	0,37	0,26	0,29
Peulvruchten totaal		0,08	0,25	0,16	0,18
Groenten en peulvruchten totaal		0,37	0,62	0,42	0,47
Fruit	appels	0,02	0,07	0,06	0,04
	citrusvruchten	0,06*	0,04	0,08	0,04
	klein fruit, staenvruchten	0,02*	0,02	0,02	0,02
	peren	0,02	0,03	0,01	0,02
	bananen	0,03*	0,03	0,02	0,03
	exoten	0,03*	0,02	0,03	0,04
Fruit totaal		0,18	0,21	0,22	0,19
Groenten, peulvruchten, fruit totaal		0,55	0,83	0,64	0,66

1) Staarink & Hakkenbrak, 1982

2) Paul & Southgate, 1978

3) Souci et al., 1981

4) Diverse auteurs, zie 4) t/m 6) uit tabellen 1 en 2

* Gemiddelde van de waarden uit de Duitse en Engelse tabel

Van Beem & Schrijver (1983) berekenden op basis van bruto verbruikscijfers voor de groenten 0,40 mg per persoon per dag, voor peulvruchten ook 0,40 mg, voor citrusfruit 0,10 en voor vruchtesappen ook 0,10 mg, totaal 1,00 mg. De in tabel 4 berekende hoeveelheid voor totaal fruit komt goed overeen met de som van citrusfruit en sappen. Wat betreft de groenten geeft de Duitse tabel overeenstemming; de Nederlandse gegevens, de Engelse tabel en het gemiddelde van de diverse literatuurbronnen geven lagere waarden, maar er zijn ook zinkverliezen verrekend. Voor de peulvruchten is het verschil onverklaarbaar hoog: de Duitse tabel met het hoogste zinkgehalte voor peulvruchten geeft nog maar ca. 65% van de eerder berekende 0,4 mg. Reith et al. (1976) van de Rijksuniversiteit Utrecht kwamen tot een totaal van 0,66 mg voor groenten (welke groenten geanalyseerd werden, is niet vermeld), 0,12 mg voor vruchten, 0,07 mg voor citrusvruchten plus bananen en 0,02 mg voor gedroogde en geconfijte vruchten. Keijbets et al. (1985) berekenden met de hoeveelheid van 0,55 mg zink uit de eerste kolom van tabel 4 een bijdrage van de groep groenten, peulvruchten en fruit aan de zinkinneming door de gemiddelde Nederlander van slechts 4,4% (aardappelen/aardappelprodukten 4,3%), zie ook Hulshof (1985).

7. BIOBESCHIKBAARHEID VAN ZINK UIT GROENTEN EN FRUIT

Voor een omschrijving van het begrip biobeschikbaarheid, zij verwezen naar het overzicht van Van Dokkum (1985). Een uitgebreid (100 referenties) literatuuroverzicht van de vorderingen in het voedingsonderzoek voor zink wordt gegeven door Solomons (1983).

7.1. Invloed van verwerking en diverse behandelingen

Rosenbloom & Potter (1981) verdeelden één partij spinazie in vijf delen: het eerste deel werd met ruim water gedurende 5 minuten gekookt, het tweede deel geblancheerd, ingevroren en 5 minuten gekookt, het derde deel geblancheerd, ingevroren, bewaard bij -31°C gedurende 3 maanden en 5 minuten gekookt, het vierde deel met ruim water gesteriliseerd bij 116°C gedurende 65 minuten, en tenslotte het vijfde deel gesteriliseerd en 3 maanden bewaard bij $+31^{\circ}\text{C}$. Een gedeelte van ieder van deze vijf monsters werd, na uitlekken op een vergiet, geanalyseerd op droge stof en totaal zink. Een tweede gedeelte werd met overmaat water (25 ml tegen 4 g) geschud gedurende 3 uur bij 37°C , gevolgd door centrifugeren. Een gedeelte van de supernatant werd geanalyseerd op zink en een ander gedeelte tegen gedestilleerd water gedurende 5 uur geultrafiltreerd in een Amicon Hollow Fiber dialysator met H1P5 membraan, dat moleculen met een molecuulgewicht boven 5000 tegenhoudt; in het ultrafiltraat werd zink bepaald. Een derde gedeelte van de vijf spinaziemonsters kreeg een behandeling met 0,1 N HCl (15 ml tegen 4 g) en met het eiwitsplitsend enzym pepsine gedurende 3 uur bij 37°C . Na neutralisatie en op pH 8 brengen volgde nog een behandeling met pancreatine, een mengsel van eiwit-, vet- en zetmeelsplitsende enzymen, gedurende 24 uur bij 37°C . Na centrifugeren werd een gedeelte van de supernatant geanalyseerd op zink en een ander gedeelte weer aan ultrafiltratie onderworpen. In tabel 5 zijn de resultaten van de analyses vermeld.

Tabel 5. Gehalten aan droge stof en totaal-zink in niet behandelde spinazie-monsters en gehalten aan zink in % van het totaal zinkgehalte voor met water en met enzymen behandelde monsters, ontleend aan Rosenbloom & Potter (1981)

aard van het spinaziemonster	niet behandeld			met water behandeld met enzymen behandeld			
	droge stof	totaal	Zn	opgelost Zn	membraan-permeabel Zn	opgelost Zn	membraan-permeabel Zn
	g/100g	abs.*	%				
gekookt	8,1	8,1	100	31	28	90	88
ingevroren, gekookt	7,9	7,5	100	41	28	97	92
ingevroren, bewaard	9,4	6,8	100	37	34	101	100
gesteriliseerd	6,1	8,1	100	27	26	94	86
gesteril., bewaard	5,6	5,2	100	44	48	104	92

* in mg per 100 g droge stof

Uit tabel 5 blijkt een lichte tendens tot hogere percentages opgelost- en membraan-permeabel zink na 3 maanden bewaren van de geconserveerde spinazie-monsters t.o.v. vóór bewaren. Verder tonen deze in vitro proeven aan dat van het totale zink in spinazie een zeer groot percentage beschikbaar zou zijn voor darmabsorptie, nadat de spinazie met maag- en alvleesklierenzymen in contact is geweest. Jammer dat Rosenbloom & Potter (1981) niet het totaal-zinkgehalte in de verse ongekookte spinazie bepaald hebben; m.b.v. deze waarde zou dan het zinkverlies t.g.v. het koken, het diepvriezen + koken en het steriliseren berekend kunnen worden.

7.2. Invloed van fyttaten

Oberleas & Harland (1981) bepaalden het fytaatgehalte van diverse voedingsmiddelen, waarbij ook enkele groenten, en berekenden de molaire verhouding van fytaat gedeeld door zink. Zij kwamen aldus tot de waarde 2 voor verse wortelen, de waarde 3 voor tomaten en erwten (beide in blik), de waarde 30 voor sperziebonen in blik en 120 voor appels. De auteurs constateerden dat er nog geen bewijs voorhanden was voor een specifieke fytaat/zinkverhouding, die gekoppeld kan worden aan de biobeschikbaarheid van zink bij de mens. De auteurs verwijzen naar de experimenten met ratten van Davies & Olpin (1979), waaruit bleek dat molaire verhoudingen van 10 of lager als regel verbonden waren met een toereikende zinkstatus, terwijl waarden boven 20 geassocieerd zouden kunnen worden met een sterke klinische of chemische aanwijzing voor zinktekorten, zie ook Oberleas (1983), en Morris & Ellis (1983). Oberleas & Harland (1981) legden de nadruk op de molaire verhouding voor het totale dagdieet, en achtten dat dagdieet-fytaat/zinkverhoudingen, constant boven 20, de zinkstatus in gevaar zouden kunnen brengen. Combinatie in het dieet van bijv. 100 g appel (zeer ongunstige waarde 120) met 100 g blikerwten (lage waarde 3) levert voor het totaal een fytaat/zinkverhouding op van 11. Turnlund et al. (1984) constateerden dan ook bij proeven met jonge mannen, dat na toevoeging van 2,34 g fytaat aan een experimenteel dagdieet (met 14,2 mg Zn; molaire fytaat/zink = 15 door de fytaattoevoeging) de zinkabsorptie van 34% tot 17,5% terugviel, zie verder onder 7.4. Overigens con-

stateerden Mbofung et al. (1984) dat in Nigerië voedingsmiddelen gebaseerd op groenten en wortelgewassen een lagere fytaat/zinkverhouding, namelijk 8, hadden dan die gebaseerd op peulvruchten (14) en die gebaseerd op granen (19). Franz et al. (1980) vonden bij hun proeven met ratten een relatieve biobeschikbaarheid van zink in Limabonen en kleine witte bonen van resp. 84 en 74% t.o.v. een goede anorganische zinkbron, $ZnSO_4$, arbitrair op 100% gesteld. Deze biobeschikbaarheid werd berekend uit de gewichtstoename van de ratten en de log van het zinkgehalte in het dijbeenbot. Welch et al. (1974) gaven Zn-deficiënte ratten als zinkbron (met ^{65}Zn gemerkt): $ZnSO_4$, onrijpe erwten (met 2 zinkniveaus via de voedingsoplossing tijdens de groei) en rijpe erwten (ook 2 zinkniveaus), zie tabel 6.

Tabel 6. Gehalten aan fytaat, zink en calcium en de molaire verhouding fytaat/zink van diverse zinkbronnen en de daarvan geconsumeerde en geabsorbeerde hoeveelheden zink door Zn-deficiënte ratten, ontleend aan Welch et al. (1974)

aard van de zinkbron	gehalten per kg droge stof			fytaat/ zink	gecons. zink	geabsorbeerd	
						µg	in %
	fytaat g	Zn mg	Ca mg			molair µg ^A	
onrijpe erwt, laag Zn	1,7	21,6	600	8	16,2	15,4	95 ± 3
onrijpe erwt, hoog Zn	1,6	50,5	600	3	36,4	32,9	90 ± 4
rijpe erwt, laag Zn	12,3	9,0	580	135	6,8	5,2	77 ± 1
rijpe erwt, hoog Zn	11,6	47,8	560	24	32,8	24,6	75 ± 1
ZnSO ₄ , laag	0	.	0	0	11,4	10,1	88 ± 3
ZnSO ₄ , hoog	0	.	0	0	54,1	45,2	84 ± 3

* geconsumeerde hoeveelheden Zn per dieetdosis

Uit de tabel blijkt een lichte tendens tot een iets lagere procentuele absorptie bij de hoge zinkniveaus t.o.v. de lage. De auteurs schrijven voornamelijk het fytaat verantwoordelijk voor de lagere absorptie uit de rijpe erwt t.o.v. de onrijpe. In een andere bron vergelijken Beal et al. (1974) rijpe erwten met geautoclaveerde erwten en met $ZnSO_4$; de door ratten geabsorbeerde percentages zink bedroegen resp. 67 ± 4 , 67 ± 3 en 84 ± 3 .

Beal et al. (1984) gaven aan ratten voldoende Ca (0,75%) bevattende diëten, waaraan nog $ZnSO_4$, of spruiten uit ontkiemde erwten (molaire fytaat/zinkverhouding 24) of geblancheerde erwten (fyta./Zn 39) was toegevoegd. De auteurs vonden dat de gewichtstoename van de ratten bij de twee diëten met erwten resp. groter en even groot was t.o.v. die bij het dieet met $ZnSO_4$. Bij 1,5% Ca bevattende diëten bleek de groei resp. gelijk en veel trager te zijn. Het zinkgehalte van het scheenbeenbot liep bij het 0,75% Ca-dieet wél terug: 176 µg/g ($ZnSO_4$), 139 (kiemen) en 92 (erwten), evenals bij het 1,5% Ca-dieet: resp. 124, 95 en 68 µg/g. In een recente publikatie onderzochten Beal & Mehta (1985) nader de fytaatgehalte verminderende werking van fytase tijdens de kieming van de erwt en bepaalden zij de distributie van zink en fytaat in de erwt.

Obizoba (1981) bepaalde de zinkbalans bij zeven jonge volwassenen, die vier

soorten diëten kregen bestaande uit diverse mengsels van mais, tarwe en bonen, aangevuld met weinig N-bevattende overige voedingsmiddelen. Bij het dieet mais (hoog lysine) 50, vol tarwemeel 30 en gewone witte bonen 20%, waarin het hoogste fytaatgehalte (100 mg/100 g) en het laagste Zn-gehalte (15,8 mg/dag) werd gevonden, trad in tegenstelling tot de andere drie diëten en het controledieet, een negatieve zinkbalans op. Een molaire verhouding fytaat/zink is slechts zeer globaal te berekenen, omdat het fytaatgehalte in mg/100 g en het zinkgehalte in mg/dag wordt gegeven. Stelt men het gewicht van het dagdieet op 2 kg, dan worden deze molaire verhoudingen: 13 voor het eerste dieet (Zn neg.), 4 voor het tweede (normale i.p.v. hoog lysine mais), 2 voor het derde (hoog lysine mais met gevlekte i.p.v. gewone bonen), 2 voor het vierde (normale mais met gevlekte bonen) en tenslotte 6 voor het controledieet, bestaande uit rijst en taptemelk (50 op 50). Overigens kon de auteur de gevonden fytaatgehalten bij het eerste en het controledieet niet verklaren, waarbij hij een analytische fout niet uitsloot.

7.3. Invloed van andere mineralen

Fruit in blik bevat veelal meer zink dan het verse produkt, zie tabel 2 onder de Engelse voedingsmiddelentabel, door opname van zink uit het vertinde blik of uit de coating, die ZnO kan bevatten (Warnaar, 1984). Dit effect zal bij fruit door de lagere pH duidelijker zijn dan bij groenten. Gherardi & Casoli (1969) bepaalden zink in diverse vruchtesappen (abrikoos, appel, bosbes, peer en perzik) en vonden steeds gemiddeld lagere zinkgehalten in de vruchtesappen, verpakt in glas, t.o.v. die in blik; bij perzikensap (7 monsters in glas, 13 in blik), abrikozensap (6 glas, 12 blik) en bosbessensap (2 glas, 2 blik) was het hoogste zinkgehalte van een afzonderlijk monster sap in glas nog duidelijk lager dan het laagste gehalte van een monster sap in blik, zie ook Blumenthal & Trottmann, (1973).

Greger et al. (1982) toonden in een balansstudie met acht jonge mannen aan, dat hoge tingegehalten in het dieet leidden tot verhoogde tin-retentie en verlaagde zink-retentie; het zinkgehalte in het bloedplasma veranderde niet. De auteurs stelden vast dat het effect van tin op de zinkbalans alleen van praktische betekenis zou kunnen zijn voor mensen met marginale Zn-hoeveelheden in het dieet, die daarbij grote hoeveelheden fruit in blik of vruchtesappen in blik consumeren. Greger & Baier (1981) verwijzen naar eigen onderzoek waaruit bleek dat ratten, gedurende drie weken gevoed met 200 µg tin per g dieet, lagere zinkgehalten in hun weefsels hadden dan de dieren zonder tin in hun dieet. Bij meer recente proeven konden Johnson & Greger (1984) deze lagere zinkgehalten (in scheenbeenbot en nieren, minder duidelijk in lever en bloedplasma) niet alleen bij 500 en 200 µg, maar ook bij 100 µg tin per g dieet aantonen. Solomons et al. (1983) vonden echter geen nadelig effect van tin bij Sn/Zn-verhoudingen van 2:1, 4:1 en 8:1, waarbij zij de verandering van het zinkgehalte in het bloedplasma van de mens na orale toediening van zink als index voor de zinkabsorptie gebruikten en toepasten op 24 gezonde volwassenen. In verband met de mogelijkheid van verminderde beschikbaarheid van zink door het tin uit het blik, lijkt het niet noodzakelijk de verhoging van het zinkgehalte in blikprodukten in rekening te brengen in tabel 4.

Solomons & Jacob (1981) gebruikten de door Greger et al. (1982) gebruikte "verandering in de plasma Zn-concentratie"-methode eveneens. Een verhouding van ijzer tot zink (beide in de vorm van sulfaten) van 3:1 verminderde de zinkopneming aanmerkelijk. Heemijzer: organisch zink, 3:1, gaf echter geen vermindering;

hetzelfde gold voor anorganisch ijzer: "organisch" zink (uit oesters) in de verhouding 2:1. Jammer, dat Solomons & Jacob (1981) niet de combinatie "organisch" ijzer : "organisch" zink hebben onderzocht. In bijv. spinazie is ijzer voornamelijk in organische vorm aanwezig (in heem-Fe enzymen en in ferredoxine), evenals het zink. In spinazie is de verhouding Fe/Zn (in orde van grootte van 4 tot 10) ongunstiger dan bovengenoemde 3:1, en aldus zou een vermindering van de beschikbaarheid van zink mogelijk kunnen zijn (zie ook Jonxis, 1983). Deze vermindering lijkt in tegenspraak met de goede in vitro beschikbaarheid van zink in spinazie bij de proeven van Rosenbloom & Potter (1981), zie onder 5.1.

Schroeder et al. (1967) vermelden dat een relatief lage zink/cadmiumverhouding in de nieren van de rat en de mens in verband gebracht wordt met hoge bloeddruk. Een hoge zink/cadmiumverhouding in voedingsmiddelen is dan ook gewenst. Welch et al. (1978) stelden vast dat zink-deficiënte ratten een groter percentage van het schadelijke cadmium uit slabladden absorbeerden, indien tegenover dit cadmium minder zink aanwezig was; het absorptiepercentage van cadmium uit de sla was, eigenlijk onverwacht, wat hoger dan dat uit cadmiumsulfaat. Schroeder et al. (1967) vonden voor deze molaire zink/cadmiumverhouding de volgende waarden: noten 400, peulvruchten 210, graan- en melkprodukten 64, wortel en knolgroenten 28, vlees 20, vis 13, diverse groenten 7, fruit 7 en diverse dranken 7. Torija Isasa et al. (1982) analyseerden een twaalfstal soorten eetbare paddestoelen en constateerden een spreiding van deze molaire zink/cadmiumverhouding tussen 230 en 6.

Verder zijn er aanwijzingen dat toenemende gehalten aan calcium in het dieet de beschikbaarheid van zink verlagen, zie het overzicht van Reijenga & Warnaar (1984). Bij de rattenproeven van Beal et al. (1984) bleek duidelijk een geringere beschikbaarheid van zink, wanneer de ratten in hun dieet 1,5% calcium kregen i.p.v. 0,75%, zie verder onder 7.2. Spencer et al. (1984) konden echter bij proeven met gezonde volwassen mannen geen effect op de zinkbalans aantonen, indien in het dagdieet (met 14,5 mg Zn en een molaire fytaat/zink van 6) 800 mg Ca (norm) door 2000 mg Ca, 800 mg P (norm) door 2000 mg P, of 800 mg Ca + 800 mg P door 2000 mg Ca + 2000 mg P vervangen werd.

Voor de zink-koper interactie zij verwezen naar het overzicht van Van Dokkum (1985).

In zijn zeer uitgebreid (288 referenties) literatuuronderzoek van aluminium als mogelijk probleem in de land- en tuinbouw vermeldt Vos (1985) dat relatief hoge aluminiumgehalten (1,2 g per kg) in het dieet van runderen en schapen bleken te leiden tot verhoging van de zinkniveaus in lever en nieren.

7.4. Invloed van diverse bestanddelen

Kelsay (1983) gaf aan zes mannen van 37 tot 58 jaar gedurende 26 dagen een dieet met een hoog gehalte aan voedingsvezel, afkomstig van groenten (waaronder spinazie) en fruit, en aan zes andere mannen een dieet met een laag gehalte aan voedingsvezel, verkregen door toepassing van groente (zonder spinazie)- en vruchtesappen; na de periode van 26 dagen kreeg de eerste groep mannen het tweede dieet (laag voedingsvezel) en de tweede groep het eerste dieet (hoog), weer gedurende 26 dagen. De gemiddelde zinkbalans was negatief en significant lager bij het dieet met veel voedingsvezel. In een tweede proef werd de spinazie, waarin veel oxaalzuur, vervangen door bloemkool met laag oxaalzuurgehalte; nu gaf het dieet met veel voedingsvezel geen negatieve zinkbalans.

Kies et al. (1983) vergeleek de zinkbalans van 23 vegetariërs (studenten) met

die van 9 omnivore studenten, waarbij beide groepen hetzelfde (lacto-ovo) vegetarische dieet kregen; deze zinkbalans bleek resp. positief en negatief te zijn. Toevoeging aan het dieet van 15 g pectine per dag had bij beide groepen geen effect, maar de toevoeging van 15 g cellulose of 15 g hemicellulose verlaagde de zinkbalans bij beide groepen (deze balans bleef positief bij de vegetariërs en werd negatiever bij de omnivoren). Toevoeging van 200 mg ascorbinezuur extra aan het dieet (basis 52 mg) gaf bij beide groepen een lichte verlaging: bij de vegetariërs bleef de balans positief en bij de omnivoren op een omnivoor dieet werd die iets negatiever. Turnlund et al. (1984) konden echter bij proeven met vier jonge mannen (25-32 jaar) geen effect op de absorptie van ^{67}Zn (een stabiel isotoop) aantonen, indien aan het experimenteel samengestelde dieet (hoofdbestanddelen, vitamines en mineralen, waarbij 14,2 mg Zn) 0,5 g α -cellulose per kg lichaamsgewicht werd toegevoegd.

Freeland-Graves et al. (1980a) vonden een duidelijke daling van het zinkgehalte in het speeksel sediment en een lichte daling van dat in het bloedserum in de richting: niet vegetariërs, lacto-ovo-vegetariërs, lacto-vegetariërs en veganisten, terwijl in dezelfde richting de inneming van ruwe celstof sterk opliep (vooral tussen lacto-vegetariërs en veganisten). Lee & Garcia-Lopez (1985) isoleerden op twee manieren celstof uit Pintobonen en constateerden voor één van deze twee soorten een bindingsaffiniteit voor zink.

Verder zijn er aanwijzingen dat toenemende gehalten aan dierlijk eiwit in het dieet de beschikbaarheid van zink enigszins verhogen, zie het overzicht van Reijenga & Warnaar (1984).

8. ZINKVERLIEZEN TIJDENS HUISHOUDELIJKE BEREIDING EN INDUSTRIELE VERWERKING

8.1. Huishoudelijk bereiding

Er is eigenlijk vrij weinig bekend over de zinkverliezen tijdens de huishoudelijke bereiding van groente en fruit.

8.1.1. Wassen

Vetter et al. (1974) vonden na het wassen zinkverliezen tot 30% als gemiddelde van een tiental groente- en fruitsoorten. Deze verliezen traden echter op bij het wassen van groenten, gegroeid in de nabijheid (tot 3 km) van een lood- en zinksmelterij; een gedeelte van dit verlies kan worden toegeschreven aan de verwijdering van het zink op het oppervlak van de groente.

8.1.2. Koken

Een indicatie voor de verliezen tijdens het koken geeft de vergelijking van de gehalten in verse groenten met die in gekookte groenten uit voedingsmiddelentabellen. Een zekere mate van onzekerheid geeft dit wel: het is twijfelachtig of de analyses steeds van dezelfde partij, zowel vóór als ná koken, afkomstig zijn. Bovendien geeft de Engelse tabel (Paul & Southgate, 1978) de zinkgehalten met getallen uit één cijfer weer, waardoor de verliezen of 0 worden, of direct 50, 33, 25 en 20%. In tabel 7 staan de groenten gerangschikt naar afnemende kaliumverliezen. Zink en ijzer volgen de volgorde bij kalium nog het minst slecht.

Tabel 7. Procentuele verschillen tussen de mineralengehalten van verse en gekookte groenten, ontleend aan Paul & Southgate (1978)

groenten	mineralen								
	K	Na	Cl	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn
winterwortelen	60	47	55	23	50	19	33	0	33
winter(groene)kool	59	43	58	33	53	37	33	50	50
savooie kool	54	65	59	29	65	60	22	-	33
bleekselderij	54	52	44	0	10	41	33	0	0
groene erwten	50	-	79	13	45	17	37	35	29
bloemkool	49	50	55	14	43	29	20	0	33
pronkbonen	46	-	72	19	37	13	13	29	25
uien	44	30	75	23	38	47	0	13	0
spruitkool	37	50	43	22	32	22	29	17	20
broccoli	35	50	33	24	33	10	33	-14	33
raapjes	33	52	56	7	0	32	0	43	-
koolraap	29	73	77	25	36	5	25	20	-
groene spaanse peper	19	-	17	0	9	12	0	14	0
pastinaak	15	76	20	35	41	54	17	0	0
prei	10	33	0	3	-30	35	-82	10	0
rode biet	-17	24	-29	-20	-13	-13	0	-14	0

negatieve getallen = gehalten ná koken hoger dan vóór koken

Haring & van Delft (1981) bepaalden de zinkverliezen na het koken van aardappels en drie groenten in drie soorten hard water uit de gemeenten Den Haag, Zutphen en Maastricht en in drie soorten zacht water uit de gemeenten Wageningen, Arnhem en Kerkrade. De verliezen varieerden van 18 tot 30% voor aardappelen, van 10 tot 30% voor wortelen, van 23 tot 43% voor bloemkool, en van 30 tot 54% voor andijvie, waarbij opgemerkt dient te worden dat er met zeer veel water (150 g aardappel/groente met 250 ml water) gekookt werd. Gergely & Lindner-Szotyorí (1976) in Hongarije kookten aardappelen, savooie kool, bloemkool en spinazie in ruim (produkt/water 1 op 1) leidingwater en vonden zinkverliezen van 23 tot 79%. Het Hongaarse tijdschrift, waarin deze resultaten gepubliceerd zijn, is in Nederland na 1972 niet meer beschikbaar, zodat nadere bijzonderheden ontbreken; het verlies van 23% behoort waarschijnlijk bij de aardappels en dat van 79% mogelijk bij spinazie. Scheffeldt et al. (1982) gebruikten nog meer water bij het koken, en wel 100 g groente in 500 ml water. Er werden proeven gedaan zowel met leidingwater (met hoog zinkgehalte, 0,2 mg/l) waaraan 0, 1, 2 of 3% NaCl was toegevoegd, als met gedestilleerd water waaraan dezelfde hoeveelheden NaCl waren toegevoegd. Verder werd er nog onder druk bij 120°C gekookt, waarbij aan 100 g groente 100 ml leiding- of gedestilleerd water zonder NaCl werd toegevoegd. De resultaten voor de zes onderzochte groenten zijn vermeld in tabel 8, zie verder onder 9.1.2.

Tabel 8. Zinkgehalten van op diverse manieren gekookte groenten in % van de gehalten in de ongekookte groenten, ontleend aan Scheffeldt et al. (1982)

kook-omstandigheden		wortelen	koolrabi	spinazie	savooie kool	spruit- kool	sperzie- bonen
ongekookt	mg/kg	1,5	2,2	8,7	3,8	3,1	3,3
	%	100	100	100	100	100	100
gekookt	0% NaCl	80	77	77	53	94	106
met	1% NaCl	87	86	85	55	90	136
leiding-	2% NaCl	93	91	89	61	97	136
water	3% NaCl	107	95	80	71	84	136
hoge druk	0% NaCl	93	82	82	100	100	91
gekookt	0% NaCl	67	50	57	34	84	85
met	1% NaCl	73	50	77	37	84	82
gedest.	2% NaCl	67	50	77	42	87	82
water	3% NaCl	67	55	77	45	90	82
hoge druk	0% NaCl	80	77	84	97	87	94

Blumenthal et al. (1981) konden na het koken van spinazie, doperwten en sperziebonen onder hoge druk bij 120°C (400 g groente, 150 ml water + 4,2 g NaCl) slechts kleine zinkverliezen aantonen, namelijk resp. 14, 5 en 0%. Het koken van de overeenkomstige diepvriesgroenten (400 g groente met 600 ml water + 4,2 g NaCl) leverde verliezen van resp. 11, 4 en 19%. De op grootkeukenschaal bij 120°C gestoomde diepvriesgroenten hadden dezelfde zinkgehalten als de diepvriesgroenten vóór het stomen. Het opwarmen van gesteriliseerde erwten en bonen leverde zinkverliezen van resp. 1 en 19%.

Op grond van de bovengemelde zinkverliezen bij het koken van groenten en op grond van het verlies van 20% bij aardappelen, zoals in rekening gebracht door Keijbets (1983) en Keijbets et al. (1985), is gekozen voor het in par. 6 gemelde verlies van 20% voor wortel- en knolgroenten en voor 30% bij de andere groenten. Het verschil in kookverlies tussen wortel- en bladgroenten zal wat groter zijn dan genoemde 10% abs., maar er is in rekening gebracht dat sommige bladgroenten, zoals sla, voornamelijk in verse toestand geconsumeerd worden.

8.2. Industriële verwerking

Ook over de zinkverliezen tijdens de verwerking van groente en fruit zijn niet veel literatuurgegevens gevonden.

8.2.1. Wassen

Lopez et al. (1986) constateerden na het wassen van te blancheren doperwten een zinkverlies van 10%, dat echter niet significant was.

8.2.2. Diepvriezen

Blumenthal et al. (1981) vonden na het stoomblancheren en diepvriezen van doperwten en na het in kokend water blancheren en diepvriezen van sperziebonen slechts kleine zinkverliezen, namelijk resp. 5 en 3%; bij spinazie trad zelfs

een winst op van 6%. Fung et al. (1978) bemonsterden tijdens industriële verwerking twee geblancheerde diepvriesgroenten, spinazie en boerenkool, en de verse uitgangsprogramten, en vonden, op grond van de analyses per 100 g produkt, zinkverliezen van slechts 5% voor beide groenten; de werkelijke verliezen zullen veel groter zijn, omdat bij het blancheren van deze groenten aanmerkelijke gewichtsverliezen optreden. Uitgaande van eenzelfde partij verse groente met gemerkt ^{51}Zn verwerkten Schmitt & Weaver (1982) boerenkool en sperziebonen op laboratoriumschaal tot diepvries- en blikprodukt. De auteurs constateerden na het blancheren, in kokend gedestilleerd water gedurende 1 minuut voor de boerenkool en 3 minuten voor de sperziebonen, en het diepvriezen een ^{51}Zn -verlies van resp. 10 en 9%, berekend op de droge stof, zie ook Astier-Dumas et al. (1985).

8.2.3. Steriliseren

Rotruck (1977) verwijst in zijn overzicht naar een publikatie van Schroeder (1971), waaruit blijkt dat er bij het steriliseren een zinkverlies van 40% zou optreden voor spinazie, 60% voor bonen, en zelfs 84% voor hele tomaten; deze verliescijfers zijn echter gebaseerd op analyses in gekochte handelsmonsters (gesteiriliseerd) en in verse monsters ter plaatse (Vermont, U.S.A.), zodat de herkomstverschillen zeer groot kunnen zijn, zie ook Murphy et al. (1975). Ook García Puertas et al. (1983) in Madrid analyseerden monsters verse tomaten, gebakken tomaten, hele tomaten in blik, tomatenpuree in blik, gebakken tomaten in blik en tomatesap in blik van diverse herkomsten (dus niet uitgaande van één partij verse tomaten) en vonden sterk uiteenlopende zinkgehalten, namelijk resp. 5,0, 2,8, 2,4, 9,4, 8,5 en 2,9 mg Zn per kg. De door Torija Isasa & Martínez Rincón (1983) geanalyseerde groene Spaanse pepers, rode pepers en rode pepers in blik waren eveneens van verschillende herkomst; de zinkgehalten bedroegen resp. 1,8, 2,3 en 1,9 mg/kg.

Blumenthal et al. (1981) vonden na het stoomblancheren en het steriliseren bij 121°C van doperwten een zinkverlies van 23%, en na het in kokend water blancheren en het steriliseren bij 121°C van sperziebonen een verlies van 31%. Elkins (1979) nam in drie fabrieken direct vóór het blancheren monsters verse sperziebonen ter bepaling van het zinkverlies na blancheren in water bij 80, 87 en 88°C volgens fabrieksmethode en steriliseren in gelakte blikken bij 127°C (9,5 min.), 124°C (9 min.) en 122°C (10,2 min.). De auteur constateerde een grote stijging van het zinkgehalte tot 199%, indien het zinkgehalte per eenheid droge stof op 100% werd gesteld. Voor perziken met siroop in blik na 9,5 minuten steriliseren bij 110°C werd een retentie van 99% gevonden. Lopez et al. (1986) bemonsterden doperwten tijdens de industriële verwerking en constateerden na het wassen en blancheren bij 82°C gedurende 3 min. een zinkverlies van 16%, en na het wassen, blancheren en steriliseren (18 min. bij 124°C) een verlies van 28%; beide verliezen waren significant. Uitgaande van eenzelfde partij verse groente met gemerkt ^{51}Zn verwerkten Schmitt & Weaver (1982) boerenkool en sperziebonen op laboratoriumschaal tot diepvries- en blikprodukt door zonder blancheren te steriliseren bij 115°C gedurende resp. 60 en 40 minuten (opgiet gedestilleerd water + NaCl). De auteurs constateerden na het steriliseren een ^{51}Zn verlies van 23% voor de boerenkool en een van 20% voor de sperziebonen, berekend op de droge stof. Doordat bij de verwerking ook verlies van droge stof optreedt, zal het werkelijke verlies aan zink groter zijn. De in paragraaf 6 toegepaste schatting van het zinkverlies van 30% zal op grond van de resultaten van Blumenthal et al. (1981), Lopez et al. (1986) en Schmitt & Weaver (1982) ook een redelijke bena-

dering zijn voor het zinkverlies tijdens de verwerking.

Bancher et al. (1975) vonden in 11 van de 12 handelsmonsters diverse vruchten in blik een duidelijk hoger zinkgehalte in de opgietsoplossing dan in het produkt; in 2 van de 12 was het gehalte in de opgietsoplossing zelfs het dubbele. Groenten in blik leverden een overeenkomstig resultaat: 13 van de 16 hoger in de opgietsoplossing, waarvan 5 twee tot driemaal zo hoog. De auteurs schrijven de hogere waarden toe aan het blikmateriaal en aan de corrosieve produkten, zoals zuurkool. Het is dus waarschijnlijk dat het zink in de opgietsoplossing althans gedeeltelijk van anorganische aard is. Het weggooien van de opgietsoplossing na het openen van het blik door de consument betekent dus een aanmerkelijk verlies aan zink, maar ook een vermindering van het ongewenste tin.

Bij vergelijking van diverse handelsmonsters (2 groenten, 1 vrucht en 2 sappen) in ongelakte blikken met die in glas vonden Blumenthal & Trottmann (1973) altijd hogere zinkgehalten in de ongelakte blikken; de verhouding zink in blik idem in glas varieerde van 1,7 voor asperges tot 8,3 voor mandarijnen (steeds gehele blik-/glasinhoud geanalyseerd). Bij vergelijking van gelakte blikken met glasverpakking was deze verhouding 0,8 voor sperziebonen, 1 voor tomatensap en 7,3 voor citroensap. Na bewaring tot 43 maanden vonden de auteurs geen duidelijke stijging van het zinkgehalte van produkten, verpakt in gelakte als ook in ongelakte blikken. Elkins (1979) vond echter na bewaring gedurende 12 maanden van sperziebonen en perziken in gelakte blikken een toename van het zinkgehalte met resp. 50 en 10%. In verband met de mogelijk verminderde beschikbaarheid van zink door het tin van het blik, zie 7.3., lijkt het niet noodzakelijk de verhoging van het zink in blikprodukten in rekening te brengen voor tabel 4.

8.2.4. Diverse verwerkingsmethoden

Fan-Yung & Aliev (1971) bepaalden het zinkgehalte van diverse rassen kersen en pruimen, zowel vóór als na verwerking tot pulp bevattende sappen; de verliezen bedroegen slechts 7 tot 11%.

Gherardi et al. (1972) pasten omgekeerde osmose toe voor de concentrering van vruchtesappen; bij de concentrering van sinaasappelsap constateerden zij een klein zinkverlies, namelijk 6%.

Adamounou et al. (1984) vonden na het pekelen van okra, Spaanse peper, tomaat en aubergine een sterke daling van het zinkgehalte; 26,6% pekelsoplossing gaf wat betere zinkretentie dan 20% pekelsoplossing. Het toevoegen van additieven aan de pekelsoplossing gaf bij Spaanse peper en tomaat geen verschil en bij okra en aubergine een lichte beperking van het zinkverlies tijdens de bewaring van de gepekeldde groenten.

9. MOGELIJKHEDEN TOT BEPERKING VAN DE ZINKVERLIEZEN TIJDENS HUISHOUDELIJKE BEREIDING EN INDUSTRIELE VERWERKING

9.1. Huishoudelijke bereiding

9.1.1. Wassen

Het toevoegen van bijv. zout aan het waswater zou invloed kunnen hebben op de retentie van het zink in de groente, maar hierover zijn geen gegevens in de literatuur gevonden.

9.1.2. Koken

Het effect van het toevoegen van zout aan het kookwater bij het koken van zes

groenten werd onderzocht door Scheffeldt et al. (1982) in Zwitserland, zie tabel 8. Het toevoegen van 1, 2 of 3% NaCl aan het leidingwater, dat ter plaatse veel zink (0,2 mg/l) bevatte, had bij drie van de zes groenten een duidelijk toenemend positief effect op de zinkretentie, terwijl de drie andere groenten wat onregelmatige resultaten opleverden, zie tabel 8. Het koken met gedestilleerd water gaf bij alle zes groenten een duidelijk lagere zinkretentie dan dat met leidingwater, zie tabel 8. Het toevoegen van 1, 2 of 3% NaCl aan het gedestilleerde water had alleen bij savooie kool een aanmerkelijk toenemend positief effect op de zinkretentie. Haring & van Delft (1981) in Nederland konden echter, na het koken van aardappels, wortelen, bloemkool en andijvie, geen eenduidig verschil in zinkretentie aantonen tussen het gebruik van drie soorten hard water en dat van drie soorten zacht water. Het verschil in zinkgehalte tussen de drie soorten hard water enerzijds (Den Haag 0,07, Zutphen 0,03 en Maastricht 0,02 mg/l) en de drie soorten zacht water anderzijds (Wageningen 0,01, Arnhem 0,01 en Kerkrade 0,03) was echter veel geringer dan dat bij de Zwitserse proef tussen leidingwater en gedestilleerd water (Haring, 1985). Mogelijk had het Zwitsere leidingwater ook nog een grotere hardheid; de geleidbaarheid van het harde water in de Nederlandse proef bedroeg resp. 65, 71 en 60 mS/m en die van het zachte water resp. 15, 16 en 17 mS/m. Overigens geeft de toevoeging van zout aan het kookwater een ongewenste verhoging van het natriumgehalte van de gekookte groente. Toepassing van kaliumchloride zou een niet ongunstige verhoging van het kaliumgehalte geven, maar KCl is in deze concentraties (1-3%) te duur t.o.v. de prijs van de groente.

Ook het koken onder hoge druk behoort tot de mogelijkheden ter verhoging van de zinkretentie. Scheffeldt et al. (1982) kookten de zes onderzochte groenten ook in een hogedrukpan (100 g groente + 100 ml water), zie tabel 8 onder 8.1.1. De auteurs vonden voor 4 van deze 6 groenten bij gebruik van leidingwater een iets hogere, voor savooie kool een veel hogere en voor sperziebonen een iets lagere zinkretentie t.o.v. het koken met veel water. Bij gebruik van gedestilleerd water vonden deze auteurs bij vier (waaronder savooie kool) van deze groenten een veel hogere zinkretentie en bij twee groenten (waaronder sperziebonen) een iets hogere zinkretentie.

9.2. Industriële verwerking

9.2.1. Diepvriezen

Beperking van de verliezen van zink en van andere micronutriënten bij de verwerking van groenten zou mogelijk kunnen zijn door het toepassen van een speciale blancheermethode. Blancheren is bij diepvriezen een noodzakelijkheid teneinde enzymen onwerkzaam te maken. Op grond van de hogere vitamine C-retentie, die Weits & Lassche (1968) verkregen na het blancheren van diverse groenten met kokend water waarin 2% NaCl t.o.v. blancheren zonder NaCl, zou men kunnen overwegen om zout(en) aan het blancheerwater toe te voegen. Bij drie van de zes onderzochte groenten vonden Scheffeldt et al. (1982) een duidelijk toenemend positief effect van de toevoeging van NaCl aan het kookwater op de zinkretentie, zie 9.1.2. en tabel 8.

In plaats van blancheren in kokend water is ook stoomblancheren mogelijk, dat bij sommige groenten hogere vitamine C-retentie opleverde (Weits & Lassche, 1968). Geen gegevens zijn gevonden t.o.v. het verschil in zinkretentie tussen deze blancheermethoden. Scheffeldt et al. (1982) kookten de zes onderzochte groenten ook in een hogedrukpan (100 g groente + 100 ml water) en vonden voor 5

van deze 6 groenten bij gebruik van leidingwater een iets hogere zinkretentie t.o.v. koken met veel water en bij gebruik van gedestilleerd water een duidelijk hogere zinkretentie. Deze resultaten geven een zekere indicatie dat stoomblancheren een betere zinkretentie zou kunnen leveren dan blancheren in kokend water. Lund (1975) vermeldt in zijn overzicht dat Ralls et al. geen verschil vonden in de gehalten aan Ca, Mg en P van spinazie, die met kokend water of met heet gas was geblancheerd; blancheren met heet gas was gunstig voor vitamine C, maar ongunstig voor vitamine B₂ en β -caroteen. De microelementen kunnen zich natuurlijk anders gedragen dan Ca, Mg en P. Zelfs voor de microelementen onderling is verschil geconstateerd: Lund (1975) geeft ook resultaten van een onderzoek met mosselen, waarbij bleek dat blancheren met kokend water of stoom geen verschil maakte voor de Co-retentie (50%), maar wel voor de Mn-retentie (resp. 64 en 82%).

Ook het afkoelen in koud stromend water na het blancheren zal met uitloging gepaard gaan. Vervanging van deze waterkoeling door koude luchtkoeling zal wel gunstig zijn voor de Zn-retentie, maar - naar verwachting - ongunstig voor het behoud van o.a. vitamine C.

Voor diepvriezen bestemde vruchten worden vrijwel nooit geblancheerd, zodat men mag verwachten dat diepvriezen van vruchten geen noemenswaard zinkverlies met zich meebrengt.

9.2.2. Steriliseren

Beperking van de verliezen van zink en van andere micronutriënten bij de verwerking van groenten zou mogelijk kunnen zijn door het toepassen van een speciale blancheermethode. Blancheren is bij steriliseren een noodzakelijkheid teneinde de vulling tot het vereiste uitlekgewicht mogelijk te maken. Voor enkele mogelijkheden ter beperking van de zinkverliezen bij het blancheren, zie onder 9.2.1.

Bij de meeste te steriliseren groenten is een opgiets absoluut noodzakelijk voor de hittedoordringing. De consument kan zinkverliezen via de opgiets voorkomen door deze opgiets nuttig te gebruiken, bijv. bij de bereiding van soepen.

Te steriliseren vruchten worden vrijwel nooit geblancheerd; de bijna altijd noodzakelijke opgiets (siroop met een voor velen aantrekkelijke zoete smaak) zal zelden door de consument worden weggegooid.

9.2.3. Diverse verwerkingsmethoden

Het zinkverlies bij de sapbereiding zal sterk bepaald worden door het al of niet filtreren van het sap. Verwerkt men ook de pulp in het sap dan zullen de zinkverliezen niet groot zijn, zie het onderzoek van Fan-Yung & Aliev (1971) onder 6.2.3. Na filtreren of uitpersen zullen zinkverliezen optreden: de Engelse tabel (Paul & Southgate, 1978) vermeldt voor gefiltreerd citroensap slechts sporen zink, terwijl voor de citroen zelf een gehalte van 1 mg per kg wordt opgegeven. Shakina et al. (1971) constateerden dat het gehalte aan zink en andere micro-nutriënten in helder druivesap toenam wanneer vóór het uitpersen op de pulp elektrische impulsen werden toegepast.

9.3. Andere mogelijkheden

Een meer theoretische dan praktische mogelijkheid ter verhoging van het zinkgehalte van het verwerkte produkt is die van de verhoging van het zinkgehalte in het verse uitgangsprодукт. Welch et al. (1978) lieten slapplanten groeien op een

voedingsoplossing, waarin o.a. zink en cadmium. Vergroting van de zinktoevoer in de voedingsoplossing vergrootte het zinkgehalte in het slablad en verlaagde het gehalte van het ongewenste cadmium (in het geval van de hoogste cadmiumdoseringsring). Maar Chaney et al. (1978) vonden in sla, gegroeid op grond bevoeid met diverse soorten rioolslib, steeds zowel 2 tot 40 maal zo hoge cadmiumgehalten als 2 tot 9 maal zo hoge zinkgehalten t.o.v. de gehalten in de sla, gegroeid op rioolslibvrije grond; de gunstige verhoging van het zinkgehalte wordt totaal teniet gedaan door de dramatische stijging van het gehalte van het giftige cadmium. Ook Grabbe & Domsch (1976) vonden bij de teelt van champignons op compost, gemaakt met toenemende hoeveelheden rioolslib, voor het cadmiumgehalte in de champignons een stijging, die veel groter was dan die van het zinkgehalte.

10. LITERATUUR

Van niet in Nederland aanwezige publikaties en van publikaties in een minder toegankelijke taal zijn ook de referaat-nummers van de FSTA (Food Science and Technology Abstracts) vermeld.

De getallen tussen [] hebben betrekking op de bladzijde(n) in dit SI-rapport, waar de auteurs gerefereerd zijn.

Adamounou, T.L., G.J. Brisson & F. Castaigne (1984):

Influence de la méthode de conservation des légumes dans la saumure sur la teneur en éléments minéraux du produit fini.

Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie 17(2)60-68. [23]

Andersen, A. (1981):

Lead, cadmium, copper and zinc in the Danish diet (Deense tekst).

Publikationer Statens Levnedsmiddelinstitut 52, 52 pp.

Ref.: Chemical Abstracts-Biochemistry Sections 98(1983)(5)70472c. [6]

Astier-Dumas, M., N. Gargominy & B. Laurent (1985):

Evolution de la teneur en vitamine C, en minéraux et en fibres dans des haricots verts appertisés et dans des haricots verts surgelés.

Médecine et Nutrition 21(4)272-276. [22]

Bancher, E., J. Washüttl & A. Schnabl (1975):

Untersuchungen über den Kupfer- und Zinkgehalt in einigen in- und ausländischen Obst- und Gemüsekonserven.

Lebensmittel und Ernährung 28(10)243-247. [23]

Beal, L. & T. Mehta (1985):

Zinc and phytate distribution in peas. Influence of heat treatment, germination, pH, substrate, and phosphorus on pea phytate and phytase.

Journal of Food Science 50(1)96-100, 115. [16]

Beal, L., P.L. Finney & T. Mehta (1984):

Effects of germination and dietary calcium on zinc bioavailability from peas.

Journal of Food Science 49(2)637-641. [16, 18]

Beem, I. van & J. Schrijver (1983):

Zink in het Nederlandse voedingsmiddelenpakket.

Nota. CIVO Instituten TNO, Zeist, 6 juni, 11 blz. [5, 14]

Blumenthal, A. & K. Trottmann (1973):

Blei-, Eisen-, Zink, Cadmium- und Zinngehalt konservierter Lebensmittel.

Alimenta 12(4)141-144. [17, 23]

Blumenthal, A., M. Meier & B. van Känel (1981):

Zu den Nährstoffgehalten tischfertiger Nahrungsmittel. II. Zu den Gehalten an Magnesium und Spurenelementen frischer und industriell verarbeiteter Bohnen, Erbsen und Blattspinat vor und nach haushalts- und grossküchenmässiger Zubereitung. Alimenta 20(2)45-50. [21, 22]

Boyer, K.W. & R.D. Johnson (1982):

Levels of lead, cadmium, and zinc in selected canned foods (1980/1981).

Journal of Food Safety 4(4)207-222. [8]

Brown, E.D., M.A. McGuckin, M. Wilson & J.C. Smith Jr. (1976):

Zinc in selected hospital diets.

Journal of the American Dietetic Association 69(6)632-635. [7]

Chaney, R.L., G.S. Stoewsand, C.A. Bache & D.J. Lisk (1978):

Cadmium deposition and hepatic microsomal induction in mice fed lettuce grown on municipal sludge-amended soil.

Journal of Agricultural and Food Chemistry 26(4)992-994. [26]

Davies, N.T. & S.E. Olpin (1979):

Studies on the phytate:zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats.

The British Journal of Nutrition 41, 591-603. [15]

Dokkum, W. van (1982):

Studiegroep "Microvoedingsstoffen en Processing" (in oprichting).

Voeding 43(6)210. [5]

Dokkum, W. van (1985):

Benutting van spoorelementen: Interacties en absorptie.

Voeding 46(8)269-273. [14, 18]

Elkins, E.R. (1979):

Nutrient content of raw and canned green beans, peaches, and sweet potatoes. Food Technology 33(2)66-70.

Zie ook: Die Industrielle Obst- und Gemüseverwertung 64(15)403-408. [22, 23]

English, R. (1979):

Zinc content of Australian diets.

Proceedings of the Nutrition Society of Australia 4, 138.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 13(1981)4A241. [6]

Fan-Yung, A.F. & I.A. Aliev (1971):

Changes in the mineral composition of plums and cherries during the production of juices containing pulp (Russische tekst).

Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Pishchevaya Tekhnologiya No. 4, 153-154.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 5(1973)4H678. [23, 25]

Franz, K.B., B.M. Kennedy & D.A. Fellers (1980):

Relative bioavailability of zinc from selected cereals and legumes using rat growth.

Journal of Nutrition 110(11)2272-2283. [16]

Freeland, J.H. & R.J. Cousins (1976):

Zinc content of selected foods.

Journal of the American Dietetic Association 68(6)526-529. [8]

Freeland-Graves, J.H., P.W. Bodzy & M.A. Eppright (1980a):

Zinc status of vegetarians.

Journal of the American Dietetic Association 77(6)655-661. [19]

Freeland-Graves, J.H., M. Lavone Ebangit & P.W. Bodzy (1980b):

Zinc and copper content of foods used in vegetarian diets.

Journal of the American Dietetic Association 77(6)648-654. [8]

Fung, A.C., A. Lopez & F.W. Cooler (1978):

Essential elements in fresh and in frozen spinach and collards.

Journal of Food Science 43(3)897-899, 903. [22]

García Puertas, P., M.E. Torija Isasa & M.T. Orzaez Villanueva (1983):

Minerals in tomatoes and tomato products. II. Microelements (Spaanse tekst).

Anales de Bromatologia 35(1)157-165(1983).

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 16(1984)12J2154. [22]

Gergely, A. & K. Lindner-Szotyori (1976):

Losses of trace element contents of some vegetables on cooking (Hongaarse tekst).

Elelmiszervizsgalati Koezlemlenyek 22(4)212-219.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 9(1977)7J1053. [20]

Gherardi, S. & U. Casoli (1969):

Metal content of preserved fruit juices (Italiaanse tekst).

Industria Conserve 44(4)296-299.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 2(1970)6H645. [17]

Gherardi, S., A. Porretta & G. Dall'Aglia (1972):

Use of reverse osmosis for concentration of fruit juices (Italiaanse tekst).

Industria Conserve 47(1)16-26.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 5(1973)5H737. [23]

Grabbe, K. & K.H. Domsch (1976):

Untersuchungen zur Verwendung von Müllkomposten in der Champignonzucht und zum Einfluss von Schwermetallen auf die Qualität des Erntegutes.

Mushroom Science 9(1)209-220. [26]

Greger, J.L. and M. Baier (1981):

Tin and iron content of canned and bottled foods.

Journal of Food Science 46(6)1751-1754, 1765. [17]

- Greger, J.L., M.A. Johnson & M.J. Baier (1982):
Effect of dietary tin on human mineral utilization, pp. 101-103.
In: Gawthorne, J.M., J.M. Howell and C.L. White (editors):
Trace element metabolism in man and animals. IV. (Conference proceedings).
Springer Verlag, Berlin 1982, 715 pp.
Ref.: Food Science and Technology Abstracts 15(1983)4A262. [17]
- Haeflein, K.A. & A.I. Rasmussen (1977):
Zinc content of selected foods.
Journal of the American Dietetic Association 70(6)610-616. [8]
- Haring, B.J.A. (1985):
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Voorburg.
Persoonlijke mededeling. [24]
- Haring, B.J.A. & W. van Delft (1981):
Changes in the mineral composition of food as a result of cooking in "hard" and
"soft" waters.
Archives of Environmental Health 36(1)33-35. [20, 24]
- H.I.L. (1983):
Gemiddelde dagvoorziening van de Nederlandse volwassene met verschillende
voedingsbestanddelen (1980).
Mededeling Hoofdinspectie van de volksgezondheid voor de levensmiddelen en de
keuring van waren, Leidschendam, 2 blz. [7]
- Hulshof, K.F.A.M. (1985):
Spoorzoeken in voedingsmiddelen.
Voeding 46(7)227-232. [6, 14]
- Johnson, M.A. & J.L. Greger (1984):
Absorption, distribution and endogenous excretion of zinc by rats fed various
dietary levels of inorganic tin and zinc.
Journal of Nutrition 114(10)1843-1852. [17]
- Jonxis, J.H.P. (1983):
Sporenelementen.
Voeding 44(8)266-273. [18]
- Keijbets, M.J.H. (1983):
Zink in aardappelen en aardappelprodukten.
Nota, IBVL, Wageningen, november, 5 blz. [5, 21]
- Keijbets, M.J.H., M.A.J.S. van Boekel, M.A. van der Meer, M.C. Reijenga & F.M.
Warnaar (1985):
Zink in voedingsmiddelen: invloed van bereiding.
Voeding 46(9)306-311. [5, 6, 7, 14, 21]

Kelsay, J.L. (1983):

Effect of fiber and oxalic acid on zinc balance of adult humans, pp. 127-143.

In: Inglett, G.E. (editor):

Nutritional bioavailability of zinc.

ACS Symposium Series 210, Washington DC 1983, 279 pp. [18]

Kies, C., E. Young & L. McEndree (1983):

Zinc bioavailability from vegetarian diets: influence of dietary fiber, ascorbic acid, and past dietary practices, pp. 115-126.

In: Inglett, G.E. (editor):

Nutritional bioavailability of zinc.

ACS Symposium Series 210, Washington DC 1983, 279 pp. [18]

Lawler, M.R. & L.M. Klevay (1984):

Copper and zinc in selected foods.

Journal of the American Dietetic Association 84(9)1028-1030. [8]

Lee, K. & J.S. Garcia-Lopez (1985):

Iron, zinc, copper and magnesium binding by cooked pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) neutral and acid detergent fiber.

Journal of Food Science 50(3)651-653, 673. [19]

Lopez, A., H.L. Williams & F.W. Cooler (1986):

Essential elements and cadmium and lead in fresh and canned peas (*Pisum sativum* L.).

Journal of Food Science 51(3)604-607. [21, 22]

Lund, D.B. (1975):

Effect of heat processing on nutrients, pp. 205-240.

In: Harris, R.S. and E. Karmas (editors):

Nutritional evaluation of food processing, 2nd ed., AVI Publishing Company, Inc., Westport Conn. 1975, 670 pp. [25]

Mbofung, C., T. Atinmo & A. Omololu (1984):

Zinc and phytate concentrations, phytate:zinc molar ratio, and metalocalorie ratio of zinc and protein contents of some selected Nigerian dietary foods.

Nutrition Research 4(4)567-576. [16]

Morris, E.R. & R. Ellis (1983):

Dietary phytate/zinc molar ratio and zinc balance in humans, pp. 159-172.

In: Inglett, G.E. (editor):

Nutritional bioavailability of zinc.

ACS Symposium Series 210, Washington DC 1983, 279 pp. [15]

Murányi-Szeleczky, A. (1983):

The average intake of Cu, Mn and Zn micronutrients of the population of Hungary in 1978.

Acta Alimentaria 12(3)223-237. [6, 8]

Murphy, E.W., R.W. Willis & B.K. Watt (1975):

Provisional tables on the zinc content of foods.

Journal of the American Dietetic Association 66(4)345-355. [8, 22]

Oberleas, D. (1983):

The role of phytate in zinc bioavailability and homeostasis, pp. 145-158.

In: Inglett, G.W. (editor):

Nutritional bioavailability of zinc.

ACS Symposium series 210, Washington DC 1983, 279 pp. [15]

Oberleas, D. & B.F. Harland (1981):

Phytate content of foods: Effect on dietary zinc bioavailability.

Journal of the American Dietetic Association 79(4)433-436. [15]

Obizoba, I.C. (1981):

Zinc and copper metabolism of human adults fed combinations of corn, wheat, beans, rice and milk containing various levels of phytate.

Nutrition Reports International 24(2)203-210. [16]

Paul, A.A. & D.A.T. Southgate (1978):

McCance and Widdowson's The Composition of Foods.

4th edition, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, 418 pp. [8, 19, 20, 25]

Reijenga, M.C. & J.M. Warnaar (1984):

Zink in graan en graanprodukten.

Nota, Akzo Chemie Nederland B.V., Amersfoort, juni, 10 blz. [6, 18, 19]

Reich, J.F., J.W. Engelsma & W.C. van Ditmarsch (1976):

Niveaus van de dagelijkse opname van lood en zink via de voeding in Nederland en de toxicologische beoordeling hiervan.

Voeding 37(3)493-507. [14]

Rosenbloom, N.J. & N.N. Potter (1981):

Effect of processing on zinc levels in spinach, beef and potatoes.

Journal of Food Science 46(6)1707-1709. [14, 15, 16]

Rotruck, J.T. (1977):

Effect of processing on nutritive value of food: trace elements, pp. 521-528.

In: Rechcigl, M. (editor):

Handbook of nutritive value of processed food. Vol. I. Food for human use.

CRC Press Inc., Florida 1982, 679 pp. [22]

Schaafsma, G. (1985):

Spoorelementen, behoefte en aanbevolen hoeveelheden.

Voeding 46(5)179-182. [6]

Scheffeldt, P., A. Blumenthal, M. Meier & B. von Känel (1982):
Zu den Nährstoffgehalten tischfertiger Nahrungsmittel. 4. Mitteilung: Zum Einfluss verschiedener Kochsalzkonzentrationen auf die Minerallstoff- und Spurenelementgehalte zubereiteter Gemüse.
Alimenta 21(2)41-50. [20, 21, 24]

Schlettwein-Gsell, D. & S. Mommsen-Straub (1970):
Uebersicht Spurenelemente in Lebensmitteln. I. Zink.
Internationale Zeitschrift für Vitamin Forschung 40(5)659-672. [8]

Schmitt, H.A. & C.M. Weaver (1982):
Effect of laboratory scale processing on chromium and zinc in vegetables.
Journal of Food Science 47(5)1693-1694. [22]

Schrijver, J. (1985):
Studiegroep "Microvoedingsstoffen en Processing".
Voeding 46(2)91. [5]

Schroeder, H.A. (1971):
Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods.
The American Journal of Clinical Nutrition 24(5)562-573. [8, 22]

Schroeder, H.A., A.P. Nason, I.H. Tipton & J.J. Balassa (1967):
Essential trace metals in man: zinc. Relation to environmental cadmium.
Journal of Chronic Diseases 20(2)179-210. [8, 18]

Shakina, A.S., M.A. Yatsko & N.A. Zhuravleva (1971):
Improving the mineral content of grape juice by application of electrical impulses to the pulp (Russische tekst).
Voprosy Pitaniya 30(3)89-90.
Ref.: Food Science and Technology Abstracts 3(1971)10H1515. [25]

Slorach, S., I.B. Gustafsson, L. Jorhem & P. Mattsson (1983):
Intake of lead, cadmium and certain other metals from a typical Swedish weekly diet (Zweedse tekst).
Var Föda 35(9)395-403.
Ref.: Food Science and Technology Abstracts 16(1984)11A840. [6]

Solomons, N.W. (1983):
Recent progress in zinc nutrition research.
Nutrition Update 1 123-145. [14]

Solomons, N.W. & R.A. Jacob (1981):
Studies on the bioavailability of zinc in humans: effect of heme and nonheme iron on the absorption of zinc.
The American Journal of Clinical Nutrition 34(4)475-482. [17]

Solomons, N.W., J.S. Marchini, R.M. Duarte-Favaro, H. Vannuchi & J.E. Dutra de Oliveira (1983):

Studies on the bioavailability of zinc in humans: intestinal interaction of tin and zinc.

The American Journal of Clinical Nutrition 37(4)566-571. [17]

Souci, S.W., W. Fachmann & H. Kraut (1981):

Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen 1981/'82.

2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1352 pp. [8]

Spencer, H., L. Kramer, C. Norris & D. Osis (1984):

Effect of calcium and phosphorus on zinc metabolism in man.

The American Journal of Clinical Nutrition 40(6)1213-1218. [18]

Spring, J.A., J. Robertson & D.H. Buss (1979):

Trace nutrients. III. Magnesium, copper, zinc, vitamin B₆, vitamin B₁₂ and folic acid in the British household food supply.

The British Journal of Nutrition 41(3)487-493. [6]

Staarink, T. (1934):

Hoofdinspectie van de volksgezondheid voor de levensmiddelen en de keuring van waren, Leidschendam.

Persoonlijke mededeling. [7]

Staarink, T. & P. Hakkenbrak (1982):

Het Contaminantenboekje. Een overzicht van stoffen die drink- en eetwaren verontreinigen.

Hoofdinspectie voor de levensmiddelen en de keuring van waren. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

Staatsuitgeverij, 's Gravenhage 1982, 92 blz. [8]

Thomas, B. (1983):

Kupfer- und Zinkgehalte in Lebensmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft. Lebensmittelchemie und Gerichtliche Chemie 37(6)139-142. [8]

Torija Isasa, M.E. & C. Martínez Rincón (1983):

Minerals in fresh and canned peppers (Spaanse tekst).

Anales de Bromatologia 35(1)141-150(1983).

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 16(1984)12J2158. [22]

Torija Isasa, M.E., T.A. Masoud & M.C. Martínez Para (1982):

Cd/Zn ratio in edible fungi and its toxicological significance (Spaanse tekst).

Anales de Bromatologia 33(1)149-154.

Ref.: Food Science and Technology Abstracts 15(1983)33477. [18]

Turnlund, J.R., J.C. King, W.R. Keyes, B. Gong & M.C. Michel (1984):

A stable isotope study of zinc absorption in young men: effects of phytate and α-cellulose.

The American Journal of Clinical Nutrition 40(5)1071-1077. [15, 19]

Vetter, H., R. Mählich & K. Fruchtenicht (1974):
Immissionsstoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte.
Berichte über Landwirtschaft 52(2)327-350. [19]

Vos, G. (1985):
Aluminium, een nieuw probleem voor landbouw en volksgezondheid? Een
literatuuronderzoek.
Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (RIKILT), Rapport no.
85.50, Wageningen, 1985, 80 blz. [18]

Warnaar, F.M. (1984):
Akzo Chemie Nederland B.V., Amersfoort.
Persoonlijke mededeling. [17]

Weits, J. & J.B. Lassche (1968):
Vergelijkend onderzoek van enkele blancheermethoden.
Nederlands Instituut voor Toegepast Huishoudkundig Onderzoek.
Publikatie no. 61, Wageningen, 24 blz. [24]

Welch, R.M., W.A. House & W.H. Allaway (1974):
Availability of zinc from pea seeds to rats.
Journal of Nutrition 104(6)733-740. [16]

Welch, R.M., W.A. House & D.R. VanCampen (1978):
Availability of cadmium from lettuce leaves and cadmium sulfate to rats.
Nutrition Reports International 17(1)35-42. [18, 25]

Welsh, S.O. & R.M. Marston (1983):
Trends in levels of zinc in the U.S. food supply, 1909-1981, pp. 15-30.
In: Inglett, G.E. (editor):
Nutritional bioavailability of zinc.
ACS Symposium Series 210, Washington DC 1983, 279 pp.
Zie ook: Food Technology 36(1)70-76. [6]

Wolnik, K.A., F.L. Fricke, S.G. Capar, M.W. Meyer, R.D. Satzger, E. Bonnin &
C.M. Gaston (1985):
Elements in major raw agricultural crops in the United States. 3. Cadmium, lead
and eleven other elements in carrots, field corn, onions, rice, spinach and
tomatoes.
Journal of Agricultural and Food Chemistry 33(5)807-811. [8]